

人工鱼礁论文报告集

SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL FISHREEF

全国人工鱼礁技术协作组

1987年12月

前 言

我国人工鱼礁试验研究,始于1979年广西壮族自治区在北部湾投放的第一组人工鱼礁,1981年起中国水产科学研究院南海水产研究所和黄海水产研究所,先后在广东省大亚湾、电白县、南澳县沿海和山东省胶南县、蓬莱县沿海投放人工鱼礁。在此基础上沿海8个省(区)从1984年起,普遍开展了这项人工鱼礁的试验。几年来,先后在全国范围内设立了23个人工鱼礁试验点(其中福建省的一个点分设在南、北两处),投放各种形式的人工鱼礁28000余个,体积近10万空立方米;投放49艘废旧船用作鱼礁材料;此外在浅海区还铺石99137立方米。

各省(区)科技人员,在进行人工鱼礁建设的同时,做了大量的试验研究工作,并撰写了专题论文和研究报告。为了交流总结我国人工鱼礁的经验,以期更好地推动人工鱼礁事业的开展,我们在编辑出版《沿海各省(区)人工鱼礁工作报告汇编》的同时,编辑出版了这本《人工鱼礁论文报告集》。这本论文报告集共收集22篇文章,内容包括人工鱼礁的渔场,人工鱼礁模型试验研究,鱼礁的设计制造,礁区的生物学特性,礁区的渔具渔法,以及人工鱼礁的增殖效果和经济效益分析等等。

这本论文报告集由冯顺楼高级工程师,李豹德研究员,刘同渝、谢振宏副研究员审阅定稿。责任编辑为南海水产研究所编辑出版组王祖衍、肖美卿,绘图李文亮。

全国人工鱼礁技术协作组

1987年12月

目 录

论人工礁渔场形成的机理与条件·····	谢振宏	黄耆吾	刘伟侠	(1)
人工礁区流场特征的实验研究·····	黄耆吾	谢振宏	王民诚	(10)
鱼礁模型波浪中稳定性测试·····	刘同渝	陈勤儿	黄汝堪	敖卓运 (16)
鱼礁模型水中沉降速度试验·····	刘同渝	吴 迪	敖卓运	(36)
鱼礁模型流态观察·····	刘同渝	洪桂善	黄汝堪	(42)
双体船框架型鱼礁的稳性计算·····	刘同渝	陈勤儿	黄汝堪	敖卓运 (51)
粉煤灰人工鱼礁的配比、工艺及海水浸泡溶出试验·····				
罗迈威 刘锡山 陆荣甫 于深礼 朱燮昌 崔淑琴 戴洪亮 文 武 李正宝				(62)
石斑鱼、龙虾的行为与人工鱼礁礁体设计的探讨·····			欧瑞木	(72)
胶南沿海人工礁渔场、渔法试验报告之一·····	李豹德	谢振宏	黄耆吾	刘伟侠 (77)
胶南沿海人工礁渔场、渔法试验报告之二·····	谢振宏	黄耆吾	刘伟侠	(87)
蓬莱沿海人工礁渔场试验报告·····				
·····李豹德 陈若琦 杨希岳 袁和善 刘在义 孙中之				(93)
灵山岛人工鱼礁区生物群落的初步研究·····			刘伟侠	(107)
广东沿海人工鱼礁的附着生物·····				
·····黄宗国 李传燕 郑成兴 王建军 林 盛 刘同渝 杨国峰				(120)
广东电白人工鱼礁区饵料基础的初步分析·····		杨国峰	蒙致民	章淑珍 (133)
浙南人工鱼礁研究本底调查报告·····				
·····徐洪科 俞郇民 张春观 徐爱光 陈明泉 张季申				(144)
胶南人工礁区金乌贼生殖群体特征与幼体孵化实验·····			黄耆吾	(156)
海带养殖区投放海參增殖礁试验报告·····	王诗关	魏绍善	谭忠云	(164)
人工礁区增殖刺参的试验研究·····	陈若琦	刘在义	孙中之	(170)
人工礁增殖皱纹盘鲍研究进展报告·····	刘伟侠	朱建元	谭国庆	(178)
南澳岛人工鱼礁区的鱼类和渔获效益探讨·····			陈 铮	(184)
胶南县沿海人工礁渔场渔获物的分析与评估·····	谢振宏	黄耆吾	刘伟侠	(197)
胶南、灵山岛和蓬莱人工鱼礁区试捕结果初探·····	李豹德	谢振宏	陈若琦	(204)

CONTENTS

Mechanism and Conditions in Relation to the Formation of Fishing Ground of Artificial Reef.....	Xie Zhenhong, Huang Qiwu and Liu Weixia (1)
Experimental Research on Features of Flow Field Around Artificial Reefs.....	Huang Qiwu, Xie Zhenhong and Wang Mincheng (10)
Model Test of the Artificial Fish Reef Stability in Wave Tank.....	Liu Tongyu, Chen Qiner, Huang Rukan and Ao Zhuoyuan (16)
A Test of the Falling Speed of Fishreefs' Model in Water	Liu Tongyu, Wu Di and Ao Zhuoyuan (36)
Direct observation on the Model of Artificial Fish Reef's Flowfeature.....	Liu Tongyu, Hong Guishan and Huang Rukan (42)
A Calculation of Stability of the Catamaran-type Fish Reef.....	Liu Tongyu, Chen Qiner, Huang Rukan and Ao Zhuoyuan (51)
Formulation, Technology of the Coal-waste Artificial Reef and Leaching Test in Seawater	Luo Maiwei, Liu Xishan, Lu Rongfu, Yu Shenli, Zhu Xiechang, Cui Shuqin, Dai Honliang, Wen Wu and Li Zhengbao (62)
A Study on the Groupers and Loberst Behaviour and the Design of Artificial Fish Reefs.....	Ou Ruimu (72)
The Experiment and Exploration of Fishing Ground and Method on the Artificial Reefs in the Jao-nan Coast I(1981—1984).....	Li Baode, Xie Zhenhong, Huang Qiwu and Liu Weixia (77)
The Experiment and Exploration of Fishing Ground and Method on the Artificial Reefs in the Jao-nan Coast II (1985—1986).....	Xie Zhenhong, Huang Qiwu and Liu Weixia (87)
Studies on the Fishing Ground of Artificial Reefs in the Penglai Coast	Li Baode, Chen Ruoqi, Yang Xiyue, Yuan Heshan, Liu Zaiyi and Sun Zhongzhi (93)
Studies on Bio-community of Lingshan Isle Artificial Reef Area	Liu Weixia (107)
The Attaching Organisms on Artificial Reef off Guangdong Coast.....	Huang Zongguo, Li Chuanyan, Zheng Chengxing, Wang Jianjun, Lin Sheng, Liu Tongyu and Yang Guofeng (120)
The Preliminary Study on the Base of Food in the Artificial Reefs Area of Dian Bai.....	Yang Guofeng, Meng Zhimin and Chang Shuzhen (133)

Artificial Fish Reef Research in the South Part of Zhejian Province :

A Findings Report of the Background.....

..... Xu Hongke, Yu Xunmin, Zhang Chungaun, (144)
Xu Aiguang, Chen Mingquan and Zhang Jishen

**Observation on the Characteristics of Reproductive Population of
Squid (*Sepia esculenta* Hoyle) and Its Hatch in the Jiaonan Ar-
tificial Reefs.....** Huang Qiwu (156)

**A Report of Test Stalling Artificial Reef for Propagation Abalone
in Kelp Culture Area** Wang Shenguan, Wei Shao- (164)
shan and Tan Zhongyun

**Study on the Propagation of *Apostichopus japonicus* (Selenka) in the Ar-
tificial Reefs.....** Chen Ruoqi, Liu Zaiyi and Sun Zhongzhi (170)

**Progressing Report of Studies on Artificial Reefs Enhancement of
Abalone, *Hallotis discus hannai* Ino.....**
..... Liu Weixia, Zhu Jianyu and Tang Guoqing (178)

**On the Fishes and Benefit of the Artificial Fish Reef Area off Island
Nan Ao** Chen Zheng (184)

**The Analysis and Evaluation of Catches from Fishing Ground of the
Artificial Reefs Along the Jiaonan Coast**
..... Xie Zhenhong, Huang Qiwu and Liu Weixia (197)

**Preliminary Discussion on Results of Test Fishing Around Artificial
Reefs in North Coasts of China.....**
..... Li Baode, Xie Zhenhong and Chen Ruoqi (204)

论人工礁渔场形成的机理与条件

谢振宏 黄耆吾 刘伟侠

(中国水产科学研究院黄海水产研究所)

提 要

人工礁渔场的建设是作为改善和建造沿海渔场的措施之一。本文就5年来实验的结果以及国内有关资料,对人工礁渔场形成的条件、集鱼效果进行探讨。本文介绍了人工礁场的生态系以及水温、光照强度、底质、地形与生物的关系。另外对礁区流场、礁体的附着生物、岩礁性鱼类和礁体的关系也进行了讨论,结语中指出应该重视对人工礁区生态系的研究。

前 言

过度捕捞引起鱼类资源的衰退和渔场的荒芜,这是社会生产发展所产生的严重矛盾。但是单纯地采用行政命令手段,依靠限制渔船,限制捕捞生产等是无法解决这一矛盾的。相应地,通过改善和建造渔场,增殖资源和渔政管理等各项措施进行综合治理,才是解决问题的实质所在。

人工礁渔场的提出,就是建立在上述的基础上,是作为改善和建造渔场的措施之一。目的在于通过人工鱼礁,增加某些幼鱼的生存成长条件和饵料的供给,以及提高礁区鱼类的总资源量,达到商品性渔业的应用。本文就5年来,我们实验的结果以及国内有关资料,对人工礁渔场形成条件,集鱼效果进行探讨。

一、人工礁渔场以鱼类为主体的食物链

人工礁渔场就是采用人工鱼礁来改善海域的生态环境,使某些经济鱼种和其他具有经济价值的生物(例如:虾、贝、藻、海参和墨鱼等)在人工礁场的生态环境中,繁育、成长,形成优势种群,达到一定的资源量,通过对其捕捞或采集而取得一定的经济效益。

但是一个海域的生态系改善和变动,取决于多种因子的综合。如果以礁区鱼类为顶点的食物链的生物群落来加以叙述,被礁区鱼类大量摄食的主要是各种底栖生物和礁体上的附着生物。以胶南沿海人工礁渔场所收集到的资料看来,其相互关系见图1。

应该说,人工礁区内的食物网是异常复杂的,从图1中可以看出一些主要的营养联系,这是通过礁区内主要鱼种的胃含物分析而知。目前,由于调查工作中资料的局限,无法作更详细的叙述。

二、水温和生物的关系

海洋温度是划分海洋动物区系的主要因素，因此海水温度在与生物生活密切相关的环境中是最为重要的。人工礁区中，海水温度的变化同样也是与礁区生物密切相关。目前我国人工礁区的分布，大致可分为亚热带区（广东、广西和福建南部沿海）和暖温带区（辽宁、河北、山东和江苏北部沿海）。由于礁区地处纬度的不同，水温差异甚大。南部沿海表层水温一般不低于16—18℃，而北部沿海，最低时可接近0℃，沿岸浅水海面出现冰封。因此这两种不同类型的人工礁区反映出具有截然不同的生物群落和鱼类区系。在南部礁区中，主要渔获种类是以暖水性鱼类石斑鱼等为主。而北部礁区却是以暖温性和冷温性鱼类黑鲷和六线鱼等为主。南北礁区其主要渔获品种见表1所示。

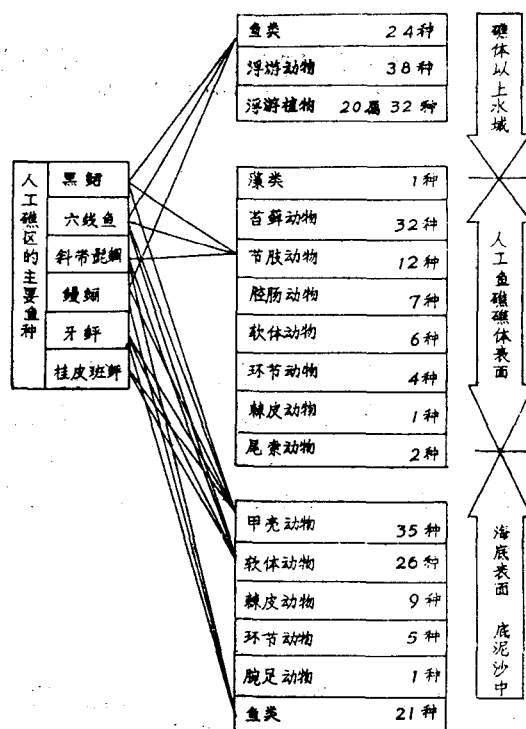


图1 5—10月胶南沿海人工礁渔场以鱼类为主体的食物链

表1 南、北海区人工礁渔场渔获品种对照表

海区 鱼名 类型	南部沿海人工礁区	北部沿海人工礁区
冷温性		六线鱼
暖温性	褐菖鲉、黄姑鱼、大黄鱼、白斑星鲨、鲛、东方兔头鲀、鲆鱼、鲆、黑鲷。	黑鲷、牙鲆、鲈、木叶鲷、桂皮斑鲆、黑鲷、真鲷、黄姑鱼、星鲷、孔鲷、鲛、斜带髯鲷、油鲆、舌鲷、褐菖鲉、马面鲀。
暖水性	赤点石斑鱼、青石斑鱼、线石斑鱼、条纹石斑鱼、黄鳍鲷、黄鲷、裸胸鲷、花尾胡椒鲷、花点鹰斑鲷、花鲷、鲷、银牙鲷、裸胸鳍海鲷、金色沙丁鱼、尖吻公鱼、带鱼、斑点大棘鲈、梭鲈鱼、鲷、赤刀鱼、豆娘鱼、马鲛、海念、白姑。	海鲷、鲷、鲷、白姑。
广温性	鲷	鲷

从表1中可以看出,北方沿海人工礁区以暖温性鱼类为主,而南方沿海人工礁区以暖水性鱼类为主。这种不调和的差异性,反映出两个截然不同的礁区鱼类生态区系。

水温的季节性变化,对礁区生物的繁殖、成长、消亡都有直接的影响,也就是说礁区生物群落的稳定性直接与温度节律的稳定性相关。南方沿海人工礁区,一年中水温的差幅较小,略有季节性变化,水温年间的最高值和最低值的差值一般在 14°C 左右。礁区全年渔获物种类变化呈不明显,而北方沿海人工礁区随着水温季节的明显变化,年温差一般可达 25°C 左右,其渔获物组成也呈明显变化,以胶南沿海人工礁渔场为例,可以把渔获物分成三种类型,即定栖性、半定栖性和暂栖性。鱼类在礁区的停留时间和期限见表2。

表2 胶南沿海人工礁渔场渔获品种组成类型

类 型	鱼 名	礁区停留时间和期间
定栖性	黑鲷、六线鱼、牙鲆、鳗鲡、鲈、木叶鲷、舌鲷。	全 年
半定栖性	桂皮斑鲆、黑鲷、黄姑鱼、鲆。	8个月以上(3月—11月)
暂栖性	斜带髯鲷、油鲈、鲈、海鲈。	4个月左右(夏、秋季)

水温变化与渔获物出现的频率和时间的关系见图2。

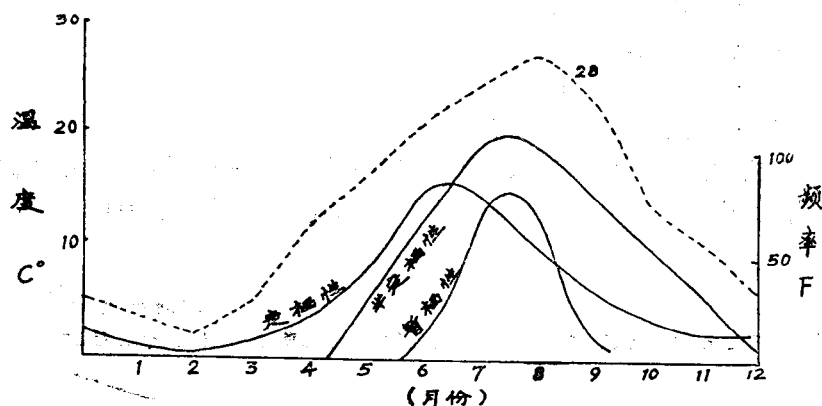


图2 水温变化与礁区渔获物出现的频率和时间的关系

从图2中观察到,礁区的水温与礁区渔获物频数基本上呈正相关关系。但水温升至最高值之前,渔获物已开始减少,只有一种鱼例外,鳗鲡(广温性)在胶南沿海人工礁区,于冬季出现最大的渔获频率。这表明温度的变化促使半定栖性和暂栖性鱼类定期的洄游和迁移,也抑制了定栖性鱼类在水温较低时减少摄食和活动。

除鱼类之外,人工礁上的附着生物(苔藓、节肢、腔肠、软体、环节、棘皮和尾索等动物)随着温度的季节性变化,也出现明显的变化。通过潜水员长时间的定期观察,发现北方沿海人工礁体上的附着生物,在11月份水温明显下降时(水温低于 10°C 以下),附着的生物层开始死亡剥落,礁体大部分表面裸露出水泥礁的本色。至每年4月起,礁体上又开始附着上绿黄色的附着生物,附着生物层开始滋长。在水温最高期间,礁体上附

着生物层厚达12厘米。这有如北方草原一年中呈现青黄盛衰的变迭过程。而南方沿海人工礁体上的附着生物，由于水温高于16℃以上，附着生物的死亡与生长交替进行着，不易直观地觉察到礁上附着生物层的变化。这又与常绿植被带的情况相类似。

三、光照和生物的关系

光照这一要素不仅在很大程度上限制着生物的分布，而且也左右着生物的活动。人工礁区的透明度以及人工礁所处的水深，对于礁区的生物组成有非常密切的关系。相对来说，光线充足的浅海区海底有利于礁区初级生产者藻类的繁殖与发展，这对于海珍品人工增殖礁区的选择来说，尤其是一个十分重要的条件。

胶南灵山岛人工礁区设置在离岸10—20米的水深处。沿岸水深2—8米海底有马尾藻，5—8米海底有海苔草，潮间带的岩礁处有大量的绿藻和红藻，形成灵山岛周围一条疏松的藻林带。而对人工礁区进行连续三年（1982—1984）潜水观察，人工礁体上始终没有采集到藻类标本，这说明了该礁区所处的水深而引起的光照衰弱，抑制了藻类的光合作用，以致无法在人工礁区形成藻林带。

众所周知，随着水的加深，照度的指数函数值会逐渐降低，其相互关系如下：

$$L_t = L_0 e^{-\delta t}$$

式中： L_t —水深 t 时的照度；

L_0 —为零米水深时的照度；

e —自然对数的底；

δ —平均单位水深的吸光系数。

根据这个公式，为了便于比较，我们采用相对照度这一概念，即 $L_t/L_0 \times 100$ 。实测结果表明，灵山岛人工礁区的光照情况不算好的，吸光系数 δ 值=0.3。其相对照度如图3所示：

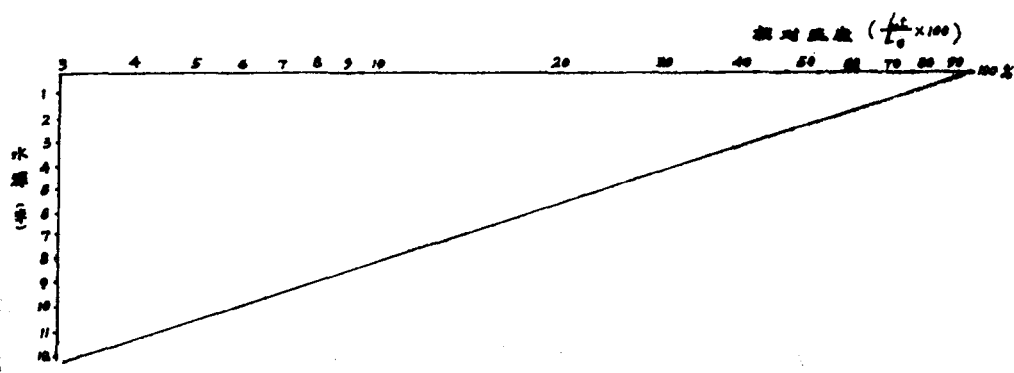


图3 灵山岛人工礁区不同深度的相对照度变化

从图3可以看出，在水深超过10米时，其相对照度已经在6%之下，至20米时，已低于1%。故灵山岛人工礁区的相对照度处于1—6%之间。

由于各个水域其吸光系数是不同的，水质越混浊，吸光系数越大，污染海区照度的衰

减表现为最明显。因此在北方海区建造海珍品人工增殖礁场时,不但应考虑海参、鲍鱼栖息的水深,而且还要考虑到该水深藻类生长所需的光照条件,以利于海珍品有足够的饵料来源。

对于礁区的鱼类来说,光照条件似乎没有什么明显的关系,因为有些岩礁型鱼类喜欢栖息在鱼礁体内,有趋阴的习性。但对作为初级生产来说(例如藻类),对构成人工礁区整个生物生产的基础是至关重要的。因此,在建设近海人工鱼礁场时,应考虑光照条件。在礁体设置方面,最好与等深线垂直布置,跨越较大的水深范围,以形成人工礁区生态系中完整的食物链。

四、底质、地形和生物的关系

海底类型的不同对底栖鱼类的分布起到头等重要的影响。软泥沙、坚硬岩石或珊瑚等类型的海底都各有其特定的鱼类群落,以及作为这些特定鱼类食物的无脊椎动物。

凸凹不平的岩石或珊瑚礁的生态环境为鱼类提供躲避的场所。高度进化的棘鳍条鱼类,能机动灵活地在岩石或珊瑚礁的空隙处进进退退,鳗鲡形的种类则能钻入缝隙间来获得礁石环境中各种类型的食物。人工礁区就是创造这样的生境条件来为鱼类所利用而达到集鱼的目的。

开放生境(指平坦而延绵的沙底或泥底)缺乏藏身之处。那里的鱼类群落与上述地点十分不同,恋礁型鱼类当然不可能栖息在这种生境条件下。

根据有关资料,南方沿海人工礁区的渔获物主要是鲷科、笛鲷科和石鲈科鱼类为主。这3种鱼类都是栖息在沿岸礁石处,因此南方沿海人工礁区的渔获中这3种鱼类所占总渔获量的百分比可以作为评估人工礁区增殖和诱集鱼类的指标之一。

而北方沿海人工礁区是以鲆科的黑鲆和六线鱼科的六线鱼为主,以及数量较少的,与南方礁区鱼类同属一科的鲈鱼(鲈科)和斜带髯鲷(石鲈科),显然也是以岩礁鱼类为礁区的主要鱼类。同样,上述鱼种的渔获百分比也可作为礁区增殖和诱集鱼类的评估指标。胶南沿海灵山岛人工礁区历年渔获中黑鲆和六线鱼的百分比见表3。

表3 胶南沿海灵山岛人工礁区渔获中
岩礁鱼类的百分比

年份 百分比 鱼名	1982	1983	1984	1985	1986
黑 鲆	3	19.2	13.9	33.1	35
六线鱼	9	22.3	25.8	23.5	18
总 计	11	41.5	39.7	56.6	53

从表3中可以看出,投礁后的第1年(1982)岩礁型鱼类在渔获中并不占主要地位。而第二年之后,礁区海底生态环境的改善,已满足岩礁型鱼类的生态要求。

五、礁区流场

在开放生境布置人工鱼礁之后,该海域原有的平稳流态受到了扰动,形成流速有快、有慢,以及产生滞流带的礁区流场。这种形成多样流(涌升流、加速流和滞缓流)的地方,由于水的充分交换,它不但造成具有理想的营养盐转运环境,而且还具有供鱼类能够选择的不同水流条件,这对于喜欢多样流的鱼类(主要是岩礁性鱼类)说来是一个理想的栖息场所。

礁区流场形成的特征,是与投放的人工鱼礁的类型、大小、布局 and 范围,以及与礁场原先的流速和流向有关。鱼礁构件迎流的表面积,尤其是鱼礁构造上形成的礁体内部空间,造成涡流、紊流等水压的变动。可以说是使鱼的感觉器官感受到鱼礁的存在,流态是一项中间的媒介信号。

实验得知,当正方体鱼礁正面迎流时(见图4),其内部空间正中点A处具有最高的流速点,大于无礁时原先的流速;两侧边B点处接近原先的流速;鱼礁体背流点C处呈现一缓流区,流速显著地小于原先的流速;礁体顶部正中D点处,其流速大于同一高度的断面水层。

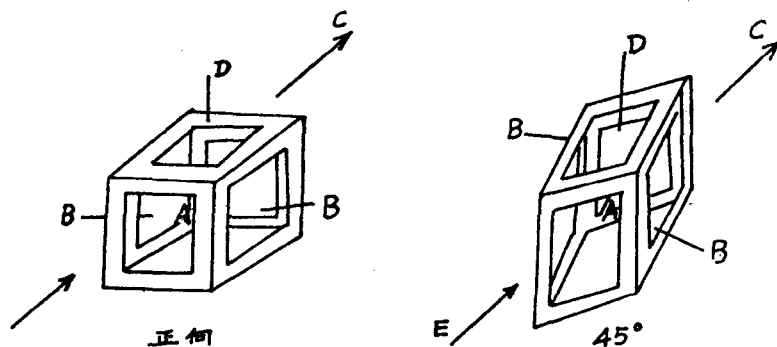


图4 正方体鱼礁正面和45°迎流时的流速测试点

各测试点不动,而正方体鱼礁移动45°迎流时,A处具有最小的流速,背流的C处有一缓流区存在;B处接近原先的流速,而最大的流速值处在鱼礁迎流的前方E处;D点流速大于同一水平断面层。

上述情况说明,在一个鱼礁的四周和其内部空间,存在着不同的流速和滞流区。可以想象,由无数个鱼礁组成的人工鱼礁场必呈现出一种变化交错的流场。在流场内水流的变动必然与鱼群的移动和栖息有着相互的关联性。例如胶南胡家山人工礁渔场手钓牙鲆的经验表明,牙鲆大都栖息在滞流区,随着流向的改变而转移至礁群迎流的背向带。这说明鱼体感受到水流压力的变化,而迅速辨认出水流的方向而进行栖息的移动。

六、岩礁性鱼类和礁体的关系

礁区的鱼类主要以岩礁性鱼类为主。因此充分了解它们的习性与行为,这将为人工礁体的设计提供充分的理论依据。

广东南澳渔民的经验认为,石斑鱼喜欢栖息于有礁石的海域。通常情况下,大个体的石斑鱼类栖息在比较深、岩礁粗糙、洞穴大或者是底质粗、底表起伏变化大、盐度较高的水域。个体小的石斑鱼,多栖息在水比较浅、岩礁较小、底质不很粗、盐度较低,甚至靠近河口的海域。一般10—20公斤的线石斑鱼是在20—40多米水深的岩礁场捕获,更大者分布在30—40米水深的南澎列岛周围的岩礁海域。赤点石斑、鲑石斑、网纹石斑和青石斑通常在近河口岩礁海域产卵。体长5厘米左右的幼鱼,栖息于中表层,随着个体增大,便逐渐栖息近底层。赤点和鲑点石斑在岩礁或有立体形状的物体周围索饵、栖息。青石斑和网纹石斑除栖息礁体之外,尚且喜欢栖息在底质是硬泥、底表凸凹不平的生境中,甚至会钻进泥洞。

水下观察,10多厘米的青石斑成群地栖息在石条组成框架形的人工鱼礁处,尤其在礁体贴地被水流冲成凹下的地方。大、小个体的石斑鱼共同栖息一处礁体的话,则小个体总是栖息在礁体上层,大个体则栖息在礁体下层。

石斑鱼是趋流性的鱼类,但并不趋强流。流急时,总是栖息在岩礁的洞穴、坑槽、缝隙里,或者是在岩礁背流一侧的缓流区,流缓时在岩礁周围活动。

六线鱼是冷水性的近底层鱼类,常栖息于沿岸浅水岩礁石砾地带。通常不结成大群,也不进行远距离的洄游。因此拖网作业很少捕获。标志放流六线鱼,半月后在原地钓获,证明了这一点。

六线鱼生殖期在10—11月,水温12—19℃时于砂砾、石块处生殖。雌鱼产卵后,雄鱼守护卵子孵化。六线鱼卵呈沉性,受精卵相互粘成球块状,附着在海藻、岩礁或其他物体上发育。稚鱼游动在水表层行浮游生活,体长达4—5厘米时,即转营近底层附礁性生活。通常雄性1龄鱼,雌性2龄鱼即开始性成熟。雌鱼也有1龄性成熟者,但数量不多。六线鱼的雌雄比通常为1:1,外观难以区分雌雄,但在繁殖期中,雄鱼则披深橙色的婚姻装。

黑鲷属近海岩礁性底层鱼类,常年栖息于沿海礁石底清水域中,通常不结群,也不作远距离的洄游。常年可在同一地点钓获,证实了这一点。

黑鲷属卵胎生鱼类,5月份产仔,产仔场在沿海的礁石底质水域。黑鲷怀仔量甚大,一尾450毫米的个体,怀仔量高达31.4万尾。在母体内孵化后,经发育至体长5.7毫米左右的仔鱼才产出体外。目前饲养的成鱼可以设法使其在池内产出仔鱼。仔鱼适盐范围较广,较易培养,是北方人工礁区理想的增殖对象。

经过5年多的水下观察,在水深10—20米范围内所投放的人工礁体,六线鱼和黑鲷能友好地共同生活在同一礁体内。往往观察到,黑鲷多数情况下都栖居在礁体内,只有当潜水员进入礁体,黑鲷才被迫游出。在礁体内、外都能观察到六线鱼,在礁体外的六线鱼大都俯伏在礁体下部贴近海底。在一个边长1.5米的正方形礁体内,最多时可观察

到10尾左右的六线鱼或黑鲷，或者是两者的混合群体。但不论是黑鲷或六线鱼，大、小个体是不混栖的。

综上所述，不论是南部沿海礁区的石斑鱼，或是北部沿海礁区的六线鱼和黑鲷，它们都具有一个非常重要的共同特性，主要都表现出常年栖居在岩礁的海底，并不作索饵和产卵的洄游。这一特性为人工礁鱼场的建设提供了主要鱼类的增殖和发展对象。

七、人工礁体的附着生物

人工礁体投放到指定的海区之后，礁体裸露的表面上便开始了生物群的演替过程。这种演替过程是与陆上的植物群落演替不同，它是在较短的时间内完成的。

我们连续5年观察胶南沿海人工礁体附着生物种类组成的变化。在初期礁体上主要是苔藓虫和水媳，随着时间的推移，礁体上贻贝和密鳞牡蛎的数量显著增多，以及藤壶开始在礁体上繁殖起来，与此同时小型蟹类和虾类数量也相应急剧增加，从最近取样看，其种类不下10多种，他们隐匿在苔藓虫群体中栖息着。

前文中提到，在附着物中没有发现藻类。我们认为可能是礁体所处水深的光照强度太弱，不适宜藻类的成长，或者是沿岸流隔绝了海藻漂浮至礁区附着。1984年5月，我们从青岛海滨装运直径10—40厘米附着有各种藻类的石块，分装18个1.2米见方的铁笼子，投放礁区靠岸侧5—13米水域，使灵山岛岸带藻林与人工礁区衔接起来。此举能否导致灵山岛人工礁区藻类的增多，尚需进一步考察。据投石后的情况，1984年9月，1985年6月和10月，已在礁体上采集到几种绿藻和红藻的标本。

结 语

鱼类如何被吸引至礁区，其原因何在？应该说还是一个没有被充分了解的问题。众多的解释，大都是从单因子的角度来对待和分析，而各个因子之间还缺乏相互之间的联系。而更有甚者，用人的主观臆断刻划鱼类的行动和习性，来作为某些依据。

如何通过对人工礁区生态系的综合研究。来揭示人工礁渔场生物生产过程的规律性。例如，在人工鱼礁投放之后，研究其礁区能量和物质的转换过程，生物群落与礁区环境系统的关系等。但是，目前人工礁的研究工作尚停留在一般性的造礁、投礁、试捕和调查上，没有深入到人工礁区的生态系方面。显然，只有通过各项实验的手段、水下观察、生物与非生物综合研究的情况下，在拥有大量研究资料的基础上，充分解析这些资料，才能为我国的人工鱼礁事业提出符合国情的独特的发展道路，发挥人工鱼礁在改造和保护沿海渔业中的作用。本文目的是想引起人们对人工礁区生态系研究的重视。

参 考 文 献

〔1〕山本埤太郎著，赵焕登、孙修勤译，海洋生态系，海洋出版社。

- 1) 欧瑞木，石斑鱼、龙虾的行为与人工鱼礁礁体设计的探讨（油印本）。
- 2) 人工鱼礁动态第14期，南海水产研究所。
- 3) 谢振宏、黄耆吾、刘伟侠，胶南沿海人工礁渔场、渔法的初步试验，黄海水产研究所调查研究报告第252号。

MECHANISM AND CONDITIONS IN RELATION TO THE FORMATION OF FISHING GROUND OF ARTIFICIAL REEF

Xie Chenhong, Huang Qiwu and Liu Weixia

(Yellow Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences)

ABSTRACT

Construction of fishing ground of artificial reef is one of the effective measures to improve and make coastal fishing ground. Based on the results obtained from experiments for five years and domestic material dealing with artificial reef, the forming conditions on fishing ground of artificial reef and result of luring fish have been discussed. Ecosystem on fishing ground of artificial reef has been introduced in this paper, in which also included are water temperature, light intensity, geology and topography of seabed in relation to fish and other aquatic organisms. At the same time, current tendency in artificial reef area, adhesive living beings on reef-body and reef-fish in relation to reef-body have been described. Must give more attention for ecosystem research of artificial reef area that is put forward in the conclusion.

人工礁区流场特征的实验研究^{*,**}

黄耆吾 谢振宏 王民诚

(中国水产科学研究院黄海水产研究所)

提 要

根据在大尺度水槽进行的模型实验结果, 试图就人工礁区流场特征作出阐释。在低流速的条件下, 测量结果表明环绕礁体是一减速区, 其范围大小与礁体布局方式有关。可以利用文中得出的结果, 按照人工礁区采用的渔具渔法设计最佳的人工礁区布局。此外, 实验的结果也有助于我们认识流场特征在礁体周围诱引鱼类所起的重要作用。

前 言

在近海建设人工鱼礁, 对于改善水域生态环境, 形成鱼群相对密集的可供利用的人工渔场, 是一项有效的技术措施。国外已有许多关于这方面的试验研究报告。渔场形成问题, 这是一个包括生物、非生物要素及其连接要素共同构成生态系的综合性课题。一般认为, 海流的类型和强弱对鱼类的行动和渔场的形成有着密切的关系, 有的著述按照海流类型而分为: 涌升流系、涡流系、流隔区系等渔场类型, 并指出岩礁水域是典型的涌升流系渔场。

在谈论人工礁区形成渔场的机制原理时, 大多指出了涌升流的机制作用, 但很少涉及人工礁区在小尺度范围内形成的流场特征。礁区流场实质上是流体力学中绕体流动的速度场问题。在工程应用中很难用解析方法寻求其实用的答案。本文介绍了通过在大尺度水槽进行的模型实验, 对礁区流场特征作一尝试性的描述。希望它有助于了解人工礁区形成渔场的机制功能, 为人工鱼礁布局形式提供初步依据。

一、理论、实验设施和方法

1. 理论

描述某一水域的速度场, 实质上是要求给出该范围内各点处的速度和加速度的瞬时图象。一般而言, 连续流体区域内的速度分布是各处点空间位置 X 、 Y 、 Z 和时间 t 的函数。用欧拉法表示的速度场, 速度 $\vec{q}$ 和加速度 $\vec{A}$ 的矢量式写作:

$$\vec{q} = iu + jv + kw$$

$$\vec{A} = ia_x + ja_y + ka_z$$

• 中国水产科学研究院渔业工程研究所常济民、张昱同志, 黄海水产研究所渔捞室张敏同志协助实验测量; 临朐县网具模型试验站提供实验水槽, 一一谨致谢意

•• 本文承黄海水产研究所李豹德研究员审阅。

式中 i 、 j 、 k 为 X 、 Y 、 Z 坐标系中的单位矢量, 各分量的表达式为:

$$u = f_1(x, y, z, t)$$

$$a_x = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$v = f_2(x, y, z, t)$$

$$a_y = \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z}$$

$$w = f_3(x, y, z, t)$$

$$a_z = \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z}$$

在我们所研究的问题中, 只要求对流场作出总体的描述, 而不需要给出速度和加速度在该场域中的逐点变化规律。在低流速的情况下, 假定场内的流动是均匀的定常流, 并且不考虑和流体运动场有关的各项动力学量值。以此作为实际流场的近似描述。这样, 问题就简化为仅仅考虑某一水层的平行流动。在上列各式中可不考虑 t 、 z 有关的项, 而写作:

$$u = f_1(x, y) \quad a_x = u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y}$$

$$v = f_2(x, y) \quad a_y = u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y}$$

取流动的某一平面($z = h$)为 xoy 面, 令 x 与流向相合, y 与流向垂直。流体处于平行流动时, 其流线与流迹线重合, 该场中

$$u = f_1(x, y) \quad a_x = u \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$v = 0 \quad a_y = 0$$

因此, 通过实验手段测量选定平面上相应点的流速, 有可能对人工礁区流场的基本特征作出总的描述。

2. 实验设施

模型 用混凝土按实物鱼礁式样制成 $15 \times 15 \times 15$ 立方厘米中空正方体, 顶和四个侧面各开有 9×9 平方厘米的正方形孔; 用 a 表示礁体模型的棱的线长度(此处 $a = 15$ 厘米)。

水槽 利用山东省临朐县网具模型试验站, 天然动水槽作为布置鱼礁的试验场域。该槽的主要尺度为 $90 \times 5 \times 1.5$ 立方米。实验段在进水闸后45—50米区段。

使用仪器 光电流速仪一架(南京无线电六厂), 型号: MZL—A型, 量程(3—100厘米/秒); 提携式流速仪一架(重庆水文仪器厂), 型号: LS43型, 量程3—100厘米/秒, 精度 ± 1.5 厘米/秒; 普通河道流速仪(山东黄河水文总站)一架。

测架 滑道和涡杆可沿 $X—Y$ 向移动; 流速仪固定其上。

水槽流态控制 为了满足定常均匀流条件,实验段前15米处设一道整流栅,在保持槽内水位稳定的条件下,通过调节进水闸和排水闸的开启开度,使槽内的流速基本趋于稳定。另外,在整流栅与实验段之间置监测流速仪(普通河道流速仪)随时对槽内流态加以校正。

3. 实验方法

流向为x轴,y轴与流向垂直。沿槽底平面中心线的两侧布礁。以鱼礁位置为中心,按礁体线长度的整数倍 $a, 2a, 3a, \dots$ 确定测点位置。各测点间距 15×15 厘米。测量有礁时(v)和无礁时(v_0)的流速,以 v_0 为参照流速。要求每次测量的时间间隔足

够短,以满足 $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$ 。

礁体布置取三种形式:(1)单礁,礁体中心置于槽底水面的中心线上,其前侧面的内法向与流向一致。作为考察礁体周围流态的一项主要依据。(2)双礁平列,礁间距离为 a ,左右礁体分别置于槽底面中心线的 $a/2$ 处;其前侧面内法向与流向一致。(3)单礁,礁体对角线置于槽底面中心线上,其侧面内法向与流向呈 45° 角。

测量离底7.5厘米和15厘米两个固定水层各选点的水流速率,计算各点的 k 值,

$k = \frac{v}{v_0}$;示踪观察礁体周围流态。

二、实验结果

1. 根据测量结果,计算得出2个水层各点的 k 值分别填入图1,图2和图3中。 K 的物理意义表征着:场域中布置鱼礁以及各点的流速变化情况。在 $K < 1$ 的地方, $v < v_0$,表明置入鱼礁之后此处的速率呈现衰减; $K > 1$ 则表明呈现增速。因此在图1、2、3中,作出 $K = 1$ 等值线,便可勾划出人工礁区流场中的衰减区和增速区的范围。从图中可以清楚地看出环绕礁体的区域是一减速区,其外围是一增速区。图1、2中 $K = 1$ 等值线轮廓表明,礁体前侧面内法向与流向平行的布置方式,其衰减区呈上流(礁前)宽,沿流向逐渐向中间收缩。衰减区的最大横向距离(d_{max})位于礁体迎水侧面的延线两侧。7.5厘米和15厘米层,分别有 $d_{7.5max} \geq 4a$ 和 $d_{15max} \geq 2a$;礁体后面有一长带形流影,其长度7.5厘米层和15厘米层分别为 $7a$ 和 $5a$ 。图3表明礁体对角线与流向平行时,衰减区的轮廓呈狭长状。7.5厘米层的最大横向距离位于另一对角线延线上,距离的尺度为 $2\sqrt{2}a$,流影长度为 $8a$;15厘米层则呈现增速现象,估计是由于在礁体前方形成上升流而出现增速水流,其垂直范围可达礁体线高度 a 以上水层。

2. 在流速速率衰减区内可直接观察到(颜色和铅粉示踪)涡流区。单礁和双礁布局的涡流发生横向宽,纵向较短,涡强较小,礁体对角线与水流动平行时,其涡流发生区的横方窄,纵向长,涡强较大。

3. 礁体迎流面的进水口处流速增大,礁空内中心达最大值(7.5厘米层),侧壁近处的流速大大减小,后壁处的流速为最小值。礁体棱角迎流,即其对角线与水流动平行时,在横向对角两侧的流速最大,礁空内中心的流速呈现最小值。